

УДК 622.271.6 (075.3)

## **ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЕРЛІФТА ЕРЛІФТНО-ЗЕМСНАРЯДНОГО КОМПЛЕКСУ**

Козиряцький Л. М., канд. тех. наук, доц., Федоров О. В., канд. тех. наук, Донецький національний технічний університет

*Досліджено особливості гідравлічного розрахунку ерліфта ерліфтно-земснарядного комплексу.*

*The features of hydraulic account of the dredge ship air lift are investigated*

Гідромеханізація є найбільш ефективним засобом комплексної механізації земляних робіт, а також видобування і переробки піщано-гравійних матеріалів. Безперервність процесів гідромеханізації є важливою особливістю цього засобу, що забезпечує його високу продуктивність і ефективність.

Перспективним напрямком розвитку гідромеханізації є застосування ерліфтно-земснарядних комплексів, в яких підйом ґрунту здійснюється ерліфтом у проміжну ємність, а ґрунтовий насос здійснює відкачку пульпи на карту наживу або до споживача. Ерліфтно-земснарядні комплекси (ЕЗК) у порівнянні з традиційними земснарядними мають такі переваги: високу продуктивність, меншу трудомісткість і вартість видобування, можливість розробки ґрунту на глибині кількох сотень метрів, видобування ґрунту з високим вмістом твердого матеріалу, плавного регулювання подачі ерліфта, роботи ґрунтового насоса з постійною концентрацією пульпи.

Приклад гідравлічної схеми ерліфтно-земснарядного комплексу наведено на рис. 1. Комплекс включає: всмоктувальний пристрій 1, підвідну трубу 2, змішувач 16, підйомну трубу 3, повітроподавальну трубу 4 та повітровіддільник 10. Насосом 6 чиста забортна вода по трубопроводу 15 подається у насадки всмоктувального пристрою 1, що забезпечують розмив та розпушування ґрунту. З всмоктувального пристрою гідросуміш (пульпа) по підвідній трубі 2 надходить до змішувача 16, де змішується зі стисненим повітрям, що подається в змішувач компресором 5 по повітроводу 4. Утворена трьохфазна аерогідросуміш по підйомній трубі 3 піднімається до повітровіддільника 10, де розділюється на дві фази: повітря спрямовується в атмосферу, а гідросуміш (пульпа) зливається по пульпокидній колоні 11

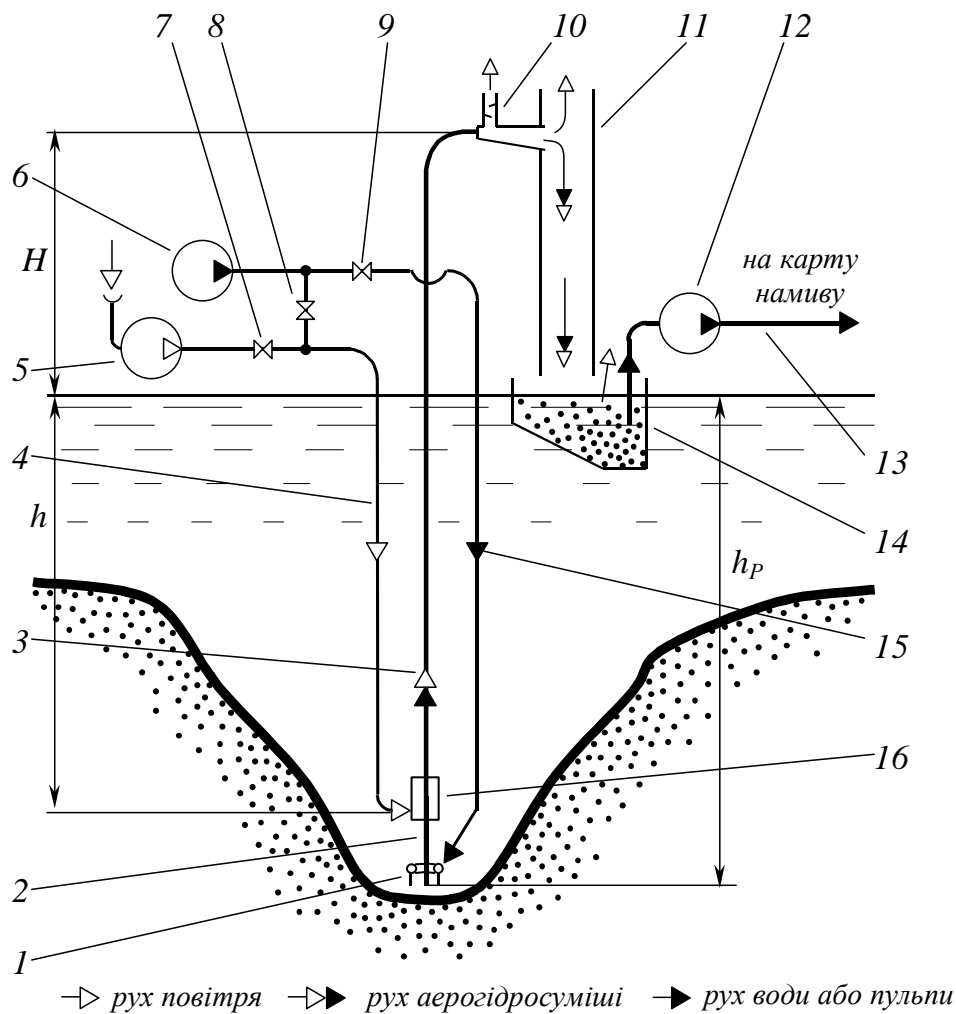


Рисунок 1 — Гідравлічна схема ерліфтно-земснарядного комплексу

у проміжну ємність 14. В останній відбувається розведення пульпи забортною водою до концентрації, необхідної для перекачування її ґрунтонасосом. З проміжної ємності пульпа ґрунтонасосом 12 перекачується по пульпопроводу 13 на карту намиву.

Вихідними даними для гідравлічного розрахунку ерліфта ЕЗК є: необхідна продуктивність по твердому матеріалу  $Q_T$ ; вид матеріалу, що видобувається, і його фізичні властивості: щільність  $\rho_T$ , форма і розмір твердих часток; висота підйому гідросуміші  $H$ ; мінімальна  $h_{P \min}$  і максимальна  $h_{P \max}$  глибина розробки.

Гідравлічна схема для розрахунку ерліфта ЕЗК наведена на рис.1. При максимальній глибині розробки менш ніж 70 м рекомендується застосовувати схему з всмоктувальним пристроєм і змішувачем, конструктивно суміщеними в одному вузлі. В такій схемі підвідна труба буде відсутня, а мінімальна і максимальна глибини занурення змішувача  $h_{\min} = h_{P \min}$  і  $h_{\max} = h_{P \max}$ .

При максимальній глибині розробки понад 70 м необхідно застосовувати схему з роздільними всмоктувальним пристроєм і змішувачем, при цьому максимальна глибина занурення змішувача не повинна перевищувати 70 м (це зумовлено тим, що високопродуктивні компресорні станції, що використовуються в ерліфтних установках, створюють надлишковий тиск не більш ніж 0,8...0,9 МПа).

Відносне занурення змішувача ерліфта  $\alpha = h/(H + h)$ . Ерліфт повинен забезпечувати надійну безперебійну роботу у всьому діапазоні глибин занурення. Розрахунок ерліфта потрібно вести для найменшого значення  $\alpha$ , тобто для гірших умов роботи, коли потрібні більші витрати стисненого повітря.

Необхідна продуктивність ерліфта ЕЗК по пульпі визначається виходячи з заданої продуктивності по твердому:  $Q_E = Q_T/S$ , де  $S$  — об'ємна концентрація твердого матеріалу в рідині.

Витрати повітря у оптимальному режимі, приведені до нормальних умов  $Q_{\Pi} = q Q_E$ , де  $q$  — питомі витрати стисненого повітря. Продуктивність компресорної станції повинна бути на 20...25% вище, щоб забезпечити можливість регулювання продуктивності ерліфта.

Ерліфт ЕЗК відрізняється значно більшими значеннями відносного занурення, ніж звичайні ерліфти, тому застосування загальноприйнятих методик розрахунку питомих витрат повітря [1, 2] призводить до хибних результатів (дуже малі витрати повітря та к.к.д. ерліфта більше одиниці). В результаті апроксимації експериментальних даних [2] отримано залежність

$$q = 1,6 \alpha^{-1,8}, \quad (1)$$

яку можна використовувати при відносному зануренні  $\alpha = 0,4...0,95$ .

Зниження тиску при підйомі аерогідросуміші в підйомній трубі призводить до розширення повітря і значного (в декілька разів) збільшення швидкості потоку в верхній частині труби. Для зменшення нерівномірності швидкості потоку аерогідросуміші уздовж підйомної труби, остання може виконуватися з декількох ступенів різного діаметру. Розбиття на ступені робиться з умови рівності ступеня розширення повітря в усіх ступенях: відношення тиску на вході в ступінь і на виході з нього для всіх ступенів повинні бути постійні, рис. 2. Кількість ступенів визначається за залежністю

$$n_{\text{ст}} = \text{Ln}[(p_a + \rho g h_{\text{max}})/p_a], \quad (2)$$

де  $p_a$  — атмосферний тиск;  $\rho$  — щільність рідини, що транспортує.

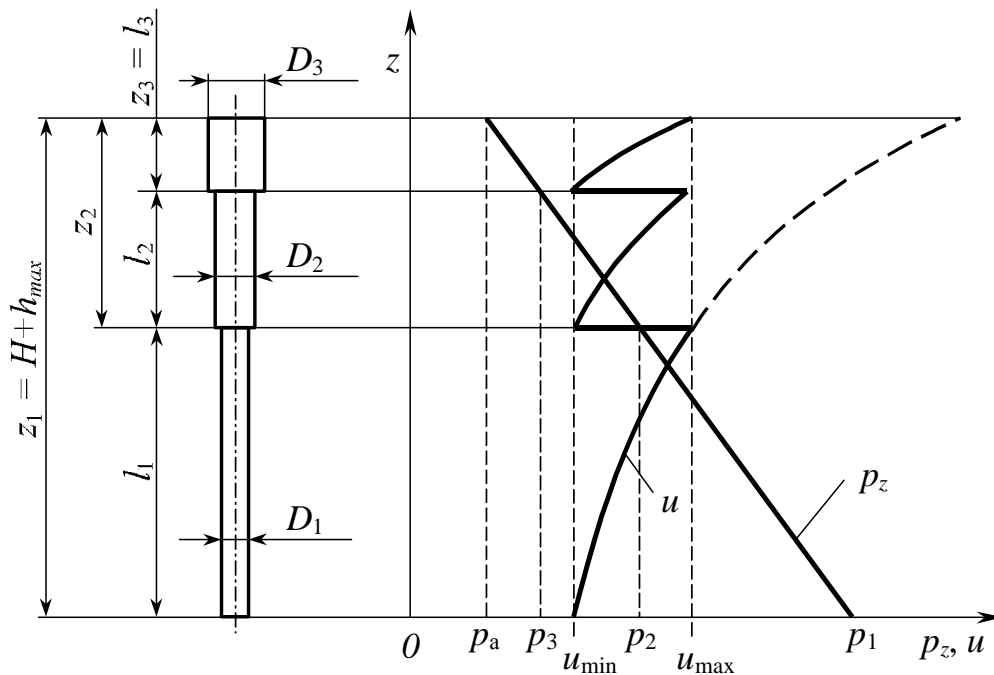


Рисунок 2 — Розподіл тиску і швидкості потоку уздовж підйомної труби ерліфта

Якщо  $n_{ст} \leq 1$  — розбиття на ступені не робиться.

Степінь зниження тиску в одному ступені

$$\varepsilon = [(p_a + \rho g h_{max}) / p_a]^{1/n_{ст}}. \quad (3)$$

Розрахунок довжин ступенів робиться таким чином. За залежністю

$$z_i = \varepsilon^{-1} [z_{i-1} - p_a (\varepsilon - 1) / (\rho g \alpha_{max})], \quad i = 2 \dots n_{ст}, \quad (4)$$

визначаються вертикальні координати початку ступенів. Тут  $z_i$  — вертикальна координата початку  $i$ -го ступеня,  $z_{i-1}$  — координата початку попереднього ступеня. Розрахунок ведеться починаючи з  $z_2$ , при цьому  $z_1 = H + h$ . Довжини ступенів становлять:  $l_i = z_i - z_{i+1}$ .

Еквівалентний діаметр підйомної труби ерліфта визначається за залежністю [ 2 ]

$$D_E = [Q_E / (K_Q \sqrt{g})]^{0,4}, \quad (5)$$

де  $K_Q$  — безрозмірний коефіцієнт подачі, що для коротких ерліфтів становить

$$K_Q = 3,68 \sqrt{\alpha} \cdot (\sqrt{q + 1 - \alpha^{-1}}) / (1 + q). \quad (6)$$

Якщо підйомна труба не має розбиття на ступені, вибирається труба з внутрішнім діаметром, найближчим до еквівалентного.

Для ступінчастої підйомної труби вибір діаметрів труб ступенів робиться з умов забезпечення однакових швидкостей підйому аерогідросуміші на початку кожного ступеня, рис. 2, і рівності гідрав-

лічного опору ступінчастої підйомної труби і підйомної труби з діаметром  $D_E$ . Діаметр першого ступеня визначається за залежністю

$$D_1 = D_E \left[ \left( l_1 + \sum_{i=2}^{n_{\text{ст}}} l_i k_{Di}^{-5} \right) / (H + h) \right]^{\frac{1}{5}}, \quad (7)$$

а решти  $D_i = D_1 k_{Di}$ ,  $i = 2 \dots n_{\text{ст}}$ , де

$$k_{Di} = \sqrt{\left( 1 + q \frac{p_a}{p_i} \right) / \left( 1 + q \frac{p_a}{p_1} \right)}, \quad i = 2 \dots n_{\text{ст}}; \quad (8)$$

$p_1 = p_a + \rho g h_{\text{max}}$  та  $p_i = p_a + \rho g \alpha_{\text{max}} z_i$  — абсолютний тиск на початку 1-го та  $i$ -го ступеней підйомної труби.

Для забезпечення стійкого режиму роботи ерліфта з підйому твердого, швидкість потоку аерогідросуміші на вході у підйомну трубу повинна бути більше критичної. Методику розрахунку критичної швидкості транспортування твердого матеріалу аерогідросумішшю по вертикальному трубопроводу викладено у [ 2 ]. Для ступінчастої підйомної труби розрахунок критичної і дійсної швидкостей виконується для кожного зі ступенів. Швидкості розраховуються на вході в ступінь, де величина дійсної швидкості мінімальна.

Оскільки корисна робота ерліфта ЕЗК полягає у підйомі ґрунта зі дна у проміжну ємність, що знаходиться на поверхні водоймища, ми вважаємо, що застосування загальноприйнятої залежності для отримання коефіцієнту корисної дії ерліфта [ 1, 2 ] у цьому випадку недоречне. Адже рух самої води зі дна до поверхні водоймища не можна вважати корисною роботою. Якщо враховувати тільки підйом твердої фази, коефіцієнт корисної дії ерліфта ерліфтно-земснарядного комплексу дорівнює

$$\eta_E = \frac{(\rho_T - \rho) g h_p S}{p_a \text{Ln}[(p_a + \rho g h) / p_a]} \frac{Q_E}{Q_{\Pi}}. \quad (9)$$

Список джерел.

1. Эрлифтные установки / Гейер В.Г., Козыряцкий Л.Н., Пашенко В.С., Антонов Я.К. — Донецк, ДПИ, 1982.
1. Гидроподъем полезных ископаемых / Антонов Я.К., Козыряцкий Л.Н., Малашкина В.А. и др. — М.: Недра, 1995.